



TITLE:

因果グラフのビジュアル分析に関する研究--評価グリッド法における
評価構造分析を通じて--(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

尾上, 洋介

CITATION:

尾上, 洋介. 因果グラフのビジュアル分析に関する研究--評価グリッド法における評価構造分析を通じて--. 京都大学, 2016, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19713>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	尾上 洋介
論文題目	因果グラフのビジュアル分析に関する研究 ——評価グリッド法における評価構造分析を通じて——		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>現代社会が直面している数多くの社会問題の解決に取り組むためには、問題がどのような要因によって引き起こされているのかといった因果関係の理解をした上で意思決定を行うこと必要不可欠となっている。しかし、現実的な問題では、多数の要因の間の因果関係が複雑なネットワークを形成する。このような因果関係のネットワークは因果グラフと呼ばれ、因果グラフから意思決定の鍵となる要因を見つけ出すことが重要な課題となっている。</p> <p>複雑なデータを分析し意思決定に必要な知見を効果的に得るために、ビジュアル分析が科学・産業分野で発展してきた。ビジュアル分析とは、対話的なビジュアルインタフェースに支援された分析的推論である。因果グラフに対してビジュアル分析を行うことは、上述のような社会問題の解決に大きく貢献すると期待されるが、因果グラフに対するビジュアル分析の研究は十分に行われてこなかった。因果グラフのビジュアル分析のためには、有向グラフとして表現される因果グラフを効果的に可視化するためのグラフドローイング手法の開発や、因果グラフの分析を行うためのビジュアルインタフェースの設計が研究課題となる。</p> <p>評価グリッド法と呼ばれる定性調査手法によって抽出される評価構造は、人の認知に関する因果グラフである。本論文は、評価構造の分析を主な対象とした、因果グラフのビジュアル分析に関する研究の成果を取りまとめたものである。本論文では、評価構造の可視化のために杉山フレームワークに基づいた新たなグラフドローイング手法を提案し、さらにその可視化手法を用いた評価構造のビジュアル分析システムの設計と開発を行った。本論文は、以下の7章から構成されている。</p> <p>第1章では、研究背景として、意思決定の場面における因果グラフの分析の重要性と、因果グラフに対するビジュアル分析に関する先行研究について述べられている。</p> <p>第2章では、本論文が分析の対象とする評価構造とそれを抽出するための評価グリッド法について述べられている。評価構造に含まれる情報や評価グリッド法の手順について説明された後、評価グリッド法が用いられた先行研究を概観することで従来の評価構造の分析方法が整理された。</p> <p>第3章では、評価構造のビジュアル分析に関する要件を明らかにするために行われた、評価グリッド法を用いた因果関係分析の事例について報告がされた。評価グリッド法に、グラフィカル連鎖モデリングと構造方程式モデリングと呼ばれる定量調査手法を組み合わせた因果関係分析により、可視化情報学会の会員満足度の要因が明らかにされ、それに基づいた学会の運営方策の提言が行われた。これにより、因果グラフの分析に基づいた意思決定の有用性も示唆された。</p> <p>第4章では、従来は手動で描かれることが多かった評価構造図を自動で描くための自動グラフレイアウト手法が提案された。評価構造図レイアウトのための要求を整理し、階層グラフレイアウト手法として知られている杉山フレームワークを拡張するこ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	尾上 洋介
<p>とで評価構造の自動グラフィックレイアウトが実現された。提案手法では、杉山フレームワークにおける階層割当の新たな手法を提案している。提案された階層割当手法は、コンピュータによる計算時間とユーザーによる選好度の観点から評価が行われた。提案された階層割当手法は線形整数計画問題（ILP）として定式化され、汎用 ILP ソルバーを用いることで実用的な時間内でレイアウトを生成できることが示された。また、ユーザーの選好度という観点においても提案手法によって得られたレイアウトは、従来手動で行われていたレイアウトとも親和性が高く選好度が高いことが示された。</p> <p>第 5 章では、杉山フレームワークによって得られたレイアウトの視認性をより高める手段として辺集中化手法の適用が検討された。辺集中化は密な二部グラフに含まれる完全二部部分グラフを集中化ノードで置き換えることでグラフの単純化を行うが、既存アルゴリズムではグラフの単純化が十分ではないケースがあった。この問題を克服するために、辺集中化後の辺の総数を最小化する最適化問題を考え、これを効率的に解くヒューリスティックアルゴリズムが提案された。ランダム生成された二部グラフを用いて提案アルゴリズムの評価を行い、既存アルゴリズムと比較してより効果的にグラフの単純化ができることが示された。</p> <p>第 6 章では、評価構造図の自動レイアウトによる可視化を中心とし、ネットワーク分析手法やユーザーインタラクションを取り入れた評価構造のビジュアル分析システムの報告が行われた。ビジュアル分析システムの設計は、評価グリッド法を利用する専門家へのヒアリングに基づいて行われた。専門家が分析時に行うタスクを整理し、それぞれのタスクにおける要求を満たすようにビジュアル分析の機能が設計された。開発されたビジュアル分析システムを用いたケーススタディを行い、専門家からのフィードバックを得ることでシステムの有効性が確認された。</p> <p>第 7 章では結論として本研究の成果のまとめと今後の課題が述べられた。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、評価構造という一種の因果グラフを主な対象とした、因果グラフのビジュアル分析に関する研究の成果を取りまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 評価構造の可視化及び分析に対する要求を明らかにするため、事例として、学会の会員の満足度に関する因果関係分析を行った。
2. 評価構造の自動レイアウトを実現するために、評価構造レイアウトへの要求を反映した杉山フレームワークの新たな階層割当手法を提案した。階層割当問題を線形整数計画問題として定式化することで実用的な時間でレイアウトを生成できることを示した。また、ユーザー評価によって提案手法は評価構造レイアウトの要求を満たしていることを確認した。
3. 杉山フレームワークによって生成されるレイアウトの視認性を向上するために、辺集中化の新たなアルゴリズムを提案した。提案アルゴリズムは、辺集中化後の辺数を最小化するアプローチをとることで、従来アルゴリズムではグラフの単純化に失敗する場合にも効果的にグラフの単純化ができることを示した。
4. 評価構造の可視化及び分析に対する要求に基づき、グラフドローイングとネットワーク分析を取り入れた評価構造のビジュアル分析システムの設計と開発を行った。評価グリッド法の専門家からのフィードバックにより評価構造の効果的な分析が可能であることを確認した。

以上の研究成果は、グラフドローイングや因果グラフのビジュアル分析についての新しい知見を与えたものであって、学術的・産業的な貢献は大きいと評価され、本論文は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 28 年 2 月 19 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

